

Seminararbeit im Profil „System Erde“ des Oberstufenverbundes der
Schulen Gymnasium Farmsen, Johannes-Brahms-Gymnasium und
Gymnasium Osterbek

Eine Auseinandersetzung mit dem **Meeresspiegelanstieg im Kontext des** **Klimawandels**

**Verdeutlichung der zentralen Ursachen und Folgen am Beispiel
ausgewählter Regionen**

Vorgelegt von:

Trúc Than
Stein-Hardenberg Str.146
22045 Hamburg

und

Afra Deniz
Oktaviostrasse 112
22043
Hamburg

Hamburg, 09. Dezember 2010

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Theoretische Grundlagen zum Meeresspiegelanstieg	
2.1 Grundsätzliche Ursachen für den Meeresspiegelanstieg	2
2.2 Überlegungen zur Entwicklung der Meeresspiegelmessung	3
2.3 Dynamische Prozesse am Rand des Grönland-Eises (eustatischer Anstieg)	4-5
2.4 Mögliches Szenario für die Antarktis	6-7
2.5 Expansion des Meerwassers als Folge der Erderwärmung (thermoterischer Anstieg)	8-9
3. Raumbeispiele	
3.1 Der Meeresspiegelanstieg als Bedrohung für das Raumbeispiel Bangladesch	10-11
3.2 Die zukünftige Lage und Folgen in Bangladesch	12
3.3 Gegenmaßnahmen in Bangladesch	13
3.4 Vergleichende Analyse zwischen den Niederlanden und Bangladesch	14-15
3.5 Klimakarten	16-17
4. Fazit	18
5. Literaturverzeichnis	19
6. Anhang	20-21

1. Einleitung

Die Intention dieser Seminararbeit besteht darin, die wichtigsten Charakteristika des Klimawandels darzustellen. Dieser ist im Kontext einer zentralen Problematik angesiedelt, die sich im Wesentlichen durch bestimmte signifikante Prozesse manifestiert. Unter Berücksichtigung dieser Prozesse ist der Meeresspiegelanstieg als eines der wichtigsten Merkmale schlechthin zu betrachten. Der Meeresspiegelanstieg als Folge des Klimawandels ist vor allem auf die globale Erderwärmung zurückzuführen. Die Erderwärmung setzt zwei bedeutende Prozesse in Gang, die den Meeresspiegelanstieg fundamental beeinflussen. Diese äußern sich in einer Veränderung des Meeresspiegels zum einen durch die wärmebedingte Ausdehnung des Wassers und zum anderen durch physikalische Veränderungen der Eismassen. Die Beschreibung beider Prozesse wird in den entsprechenden Kapiteln näher dargelegt und anhand ausgewählter Regionen exemplarisch beleuchtet. In diesem Zusammenhang sind die vorherrschenden Prozesse in Grönland und in der Antarktis als verursachende Parameter zu bewerten, während in Bangladesh und den Niederlanden die Folgewirkungen dieser Prozesse zu beobachten sind. Dabei wird eine vergleichende Analyse angestrebt, um einen Maßstab für den effektiveren Umgang mit den Folgeerscheinungen zu konstruieren. Unter dieser Voraussetzung wird Bangladesh im Kontext der geografischen und wirtschaftlichen Situation vor dem Hintergrund des Klimawandels stärker berücksichtigt.

Um die Ausführungen zum Thema dieser Seminararbeit zu vervollständigen werden entsprechend erstellte Klimakarten sowie ausgewählte Grafiken als Belege zur Verdeutlichung der Problematik miteinbezogen.

Diese Seminararbeit hat den Anspruch, einen ausführlichen Einblick in die zentralen Kausalzusammenhänge, durch die der Klimawandel grundsätzlich charakterisiert werden kann, zu gelten. Dabei soll die Problematik, die mit diesen Veränderungsprozessen verbunden sind eingehend verdeutlicht werden, um so mögliche Konsequenzen herauszustellen. Somit verfolgt diese Seminararbeit einen expliziten Aufklärungsanspruch, der zu einer allgemeinen Sensibilisierung für dieses Thema führen sollen.

2. Theoretische Grundlagen zum Meeresspiegelanstieg

2.1 Grundsätzliche Ursachen für den Meeresspiegelanstieg

Der Klimawandel manifestiert sich maßgeblich in einer globalen Erderwärmung, die dazu führt, dass der Meeresspiegel ansteigen wird. „Eine der wichtigsten physikalischen Folgen einer globalen Erwärmung ist ein Anstieg des Meeresspiegels.“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S. 63).

Eine der zentralen Ursachen, die für den globalen Anstieg des Meeresspiegels ausgemacht werden kann, ist in den „Veränderungen der Eismassen“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.63) zu suchen. Dabei wird der ausgelöste Anstieg in wissenschaftlicher Hinsicht als eustatischer Anstieg bezeichnet. Am Beispiel des Grönland- und Antarktis-Eises kann dieser Prozess exemplarisch festgemacht werden. „Das Grönland-Eis bindet eine Wassermenge, die bei seinem kompletten Abschmelzen einen weltweiten Meeresspiegelanstieg von 7m bedeuten würde“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.64).

Eine weitere relevante Ursache, die angeführt werden kann, ist die thermale Ausdehnung des Meerwassers durch die Erwärmung der Ozeane. Dieser Ablauf führt zu einem thermosterischen Anstieg (vgl. KASANG 2010, S.2). Zudem kann eine andere entscheidende Ursache dafür ausfindig gemacht werden. „Es kann auch unabhängig von globalen Temperaturerhöhungen regionale Änderungen des Meeresspiegels geben[...]“ (BUTZENGEIGER und HORSTMANN 2004, S.3). Abhängig von regionalen Ablagerungsprozessen oder tektonischen Anhebungen und Senkungen von Landmassen verändert sich die Form und das Volumen der Meeresbecken maßgeblich. Durch diesen Prozess bedingt, werden Landflächen (z.B. in Bangladesch) in einigen Flussdeltas um mehrere mm pro Jahr absinken, da die Sedimente einfallen. Durch den zunehmenden Meeresspiegelanstieg werden sich die Auswirkungen regional unterschiedlich manifestieren (vgl. BUTZENGEIGER und HORSTMANN 2004, S.3).

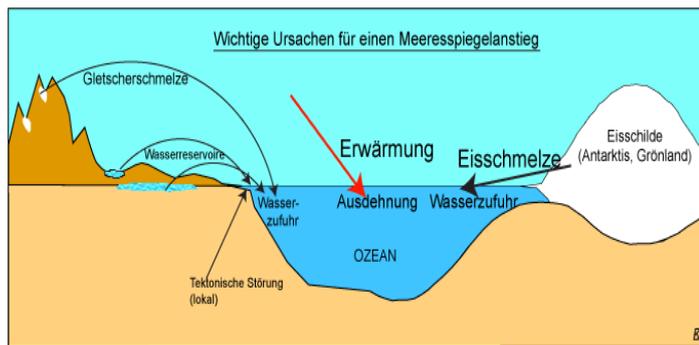


Abb. 1:
Mögliche Ursachen für einen
Meeresspiegelanstieg

Quelle: <http://www.hamburger-bildungsserver.de/index.phtml?site=themen.klima>

2.2 Überlegungen zur Entwicklung der Meeresspiegelmessung

Um die Klimaveränderung schon frühzeitig dokumentieren zu können, wurden verschiedene Messtechniken und Modelle angewendet. Mit Hilfe dieser Verfahren „lässt sich eine schöne Kausalkette der einzelnen Teile bilden“ (BUTZENGEIGER und HORSTMANN 2004, S.3). Dabei wurden Daten verwendet, die seit Jahrzehnten oder sogar Jahrhunderten zusammengetragen wurden (vgl. BUTZENGEIGER und HORSTMANN 2004, S.3). Die ersten Messungen erfolgten über Messpunkte an Land, die fixiert wurden. Bis in die 1990er-Jahre wurde der Meeresspiegelanstieg ausschließlich mit Pegelmessungen ermittelt. Ein beträchtlicher Nachteil dieser Methode besteht darin, dass nur eingeschränkt etwas über die durchschnittliche globale Meeresspiegeländerung ausgesagt werden kann. Der Grund hierfür ist in der geringen räumlichen Verbreitung und der ungleichen Verteilung der Pegel zu suchen. Da diese sich hauptsächlich an den Küsten befinden, kann man zwar eine genaue örtliche Bestimmung vornehmen, aber keine Durchschnittsparameter ermitteln. Durch den technischen Fortschritt ist es seit 1992 möglich, genauere Daten zur Bestimmung des globalen Meeresspiegelanstiegs zu erzeugen. Dies geschieht durch den Einsatz von Satelliten. Mit Hilfe dieses Verfahrens wird die Entfernung zwischen Satellit und Meeresoberfläche gemessen. Man bezeichnet dieses Messverfahren in wissenschaftlicher Hinsicht als „Altimetermessung“. Der zentrale Vorteil der „Altimetermessung“ besteht darin, dass die gesamte Ozeanoberfläche erfasst werden kann. Die Messprozedur wird in regelmäßigen Abständen von 10 Tagen wiederholt. Aus der Anwendung der Satellitenmessungen resultieren zwei wichtige Erkenntnisse, die mittels Pegelmessung bisher nicht identifiziert werden konnten. Zum einen ist die ermittelte Anstiegsrate des Meeresspiegels deutlich höher, denn zwischen 1993 und 2003 lag sie bei 3,1cm pro Jahrzehnt. Die Pegelmessungen hingegen ergaben einen

Anstieg von nur 1-2cm pro Jahrzehnt. Zum anderen wird durch die Satellitenmessung eine räumliche Differenz des Meeresspiegelanstiegs expliziert. Die Aufzeichnungen zeigten, dass in einigen Regionen der Meeresspiegelanstieg zehnmal höher war als der globale Durchschnittswert. In anderen Regionen hingegen wurden Werte ermittelt, die auf ein leichtes Absinken hindeuten (vgl. KASANG 2010, S.2).

2.3 Dynamische Prozesse am Rand des Grönland-Eises (eustatischer Anstieg)

Der Meeresspiegelanstieg kann anhand der Veränderungen der Eismassen in der Antarktis und in Grönland aufgezeigt werden. Die kontinentalen Eisschilde in Grönland und der Antarktis waren vor Jahrtausenden, als eine höhere CO₂-Konzentration und wärmeres Klima vorherrschten, praktisch nicht vorhanden. Gegenwärtig existieren 3-4 Kilometer dicke Eisschilde, die durch das Abschmelzen eine große Bedrohung darstellen, da sie einen Meeresspiegelanstieg „begünstigen“ können (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.60). Als Nachweis hierfür kann der enorme Meeresspiegelanstieg „seit dem Höhepunkt der letzten Kaltzeit um 120 m“ (KASANG 2010, S.4) herangezogen werden. Dieser Prozess wurde „durch das Abschmelzen der Eismassen auf den Kontinenten der Nordhalbkugel“ (KASANG 2010, S.4) ausgelöst. Die gegenwärtige Situation in Grönland muss differenziert betrachtet werden. Obwohl das Grönland-Eis bedingt durch permanente Schneefälle in zentralen Bereichen zunimmt, ist ein Abschmelzen an den Rändern deutlich festzustellen. Für beide Prozesse ist unter Berücksichtigung normaler Gegebenheiten ein Gleichgewichtszustand kennzeichnend. Der Klimawandel stört diesen Gleichgewichtszustand jedoch erheblich (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S. 61). Durch die Erwärmung des Klimas „dehnt sich die Schmelzzone aus und das Abschmelzen beschleunigt sich“; auch die „Niederschläge können zunehmen“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.61). Als Resultat dieser Vorgänge nimmt die Masse des Eises ab. Mit Hilfe von Präzisionsmessungen können Volumenveränderungen des Eises bestimmt werden. Beide Messaufzeichnungen bestätigen den Trend zur Abnahme deutlich. Einschränkend muss allerdings erwähnt werden, dass aufgrund von Unsicherheiten nur eingeschränkt zuverlässige Ergebnisse

vorliegen. Signifikant aussagekräftiger sind die Messungen der Abschmelzfläche. Die gemessenen Daten mittels Satelliten ergaben in einem Zeitraum von 1979-2005 eine Zunahme der Fläche um 25 Prozent. Prognosen, die erstellt wurden, ergeben, dass im Falle einer lokalen Erwärmung um 3°Grad Celsius das gesamte Grönland-Eis langsam abschmelzen wird (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.61). „Dabei spielt eine verstärkende Rückkopplung eine zentrale Rolle: Sobald der Eispanzer dünner wird, sinkt seine Oberfläche in niedrigere und damit wärmere Luftschichten ab, was das Abschmelzen noch beschleunigt. Das Grönland-Eis war bislang deshalb so stabil, weil aufgrund seiner Dicke große Bereiche in mehreren tausend Metern Höhe und damit in sehr kalter Luft liegen“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.61). Resultierend aus den angeführten Schilderungen wird deutlich, dass das Abschmelzen des Grönland-Eises eine unumstrittene Tatsache ist, fraglich hingegen ist jedoch, wie schnell sich dieser Prozess vollziehen wird. Beobachtungen in den letzten Jahren bestätigen den Abschmelzungsprozess. Insbesondere dynamische Prozesse, die vor allem auf ein schnelles Fließen des Eises hindeuten und dadurch bedingt ein rasches Abschmelzen „begünstigen“, untermauern dies (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.61).

2.4 Mögliches Szenario für die Antarktis

Im Gegensatz zu den Entwicklungen, die in Grönland feststellbar sind, stellt sich die Situation in der Antarktis komplizierter dar. Unterschiede zwischen den Eismassen in Grönland und in der Antarktis lassen sich im Wesentlichen an den Temperaturdifferenzen der Eismassen festmachen. Die Eismasse in der Antarktis liegt deutlich unter dem Gefrierpunkt, sodass im Falle einer Klimaerwärmung um ein paar Grad keine signifikanten Auswirkungen zu identifizieren wären (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.61). Im Gegensatz zu dem Grönland-Eis schmilzt der Eisschild in der Antarktis erst, wenn er als Eisschelf auf das Meer hinaus geflossen ist (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.61f). Durch den Kontakt mit wärmerem Ozeanwasser setzt der Vorgang des Abschmelzens ein. Aufgrund von erhöhten Schneefallmengen prognostizierte der IPCC-Bericht (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2001 einen leichten Zuwachs an Eis, sodass ein Abschmelzen des Eises in der Antarktis für die Zukunft nicht zu erwarten war und sogar ausgeschlossen werden konnte. Neuere Beobachtungen jedoch widersprechen der Prognose und

verweisen auf dynamische Prozesse, die ein Abschmelzen des Eisschildes einleiten könnten. Eine entscheidende Beobachtung im Februar 2002 bestätigt den Abschmelzprozess (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.62). Diese basiert darauf, dass „das jahrtausendealte Larsen-B-Eisschelf vor der antarktischen Halbinsel auf spektakuläre Weise in tausende Stücke nach einer Erwärmung in dieser Region zerbarst“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.62). Schwimmende Eisschelfe, die abschmelzen, stellen trotz alledem keine unmittelbare Gefahr für den Meeresspiegel dar, da diese seinen Anstieg weder beeinflussen noch beschleunigen können. Der amerikanische Eisforscher Richard Alley glaubt in diesen dynamischen Vorgängen eine ganz andere Gefahr deutlich erkennen zu können. Seiner Ansicht nach sind die „[...] Eisströme, die hinter dem Larsen-B-Eisschelf vom Kontinental-Eis abfließen[...]“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S. 62) eine effektiv größere Bedrohung. Denn die Eisschelfe bremsen den Abfluss von auf dem Land liegendem Eis ins Meer, sodass das Abschmelzen des Kontinental-Eises im warmen Ozeanwasser verlangsamt wird. Wenn „[...] größere Eisschelfe, etwa das Ross-Eisschelf, eines Tages ebenfalls verschwinden, dann muss mit einem beschleunigten Abfließen des West-Antarktischen Eisschildes gerechnet werden“ (RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.63). Obwohl hier ein anderer dynamischer Einflussfaktor dominiert, sind die Auswirkungen die Gleichen wie in Grönland, denn beide Prozesse führen zu einem signifikanten Anstieg des Meeresspiegels. Zusammenfassend kann man sagen, dass eine ansteigende Erwärmung zu einem erhöhten Risiko führt, da der dadurch bedingte beschleunigte Zerfall von Eismassen nur schwer zu verhindern wäre (vgl. RAHMSTORF und SCHELLNHUBER 2006, S.63).

2.5 Expansion des Meerwassers als Folge der Erderwärmung (thermischer Anstieg)

Die thermische Ausdehnung des Meerwassers wird durch die globale Erderwärmung und die damit verbundene Erwärmung der Ozeane hervorgerufen. Sie manifestiert sich maßgeblich in einer Abnahme der Dichte, während das Volumen sich bei gleicher Masse vergrößert. Die Ozeane sind räumlich begrenzt, sodass mit der Zunahme des Volumens der Meeresspiegelanstieg als einzige natürliche Reaktion auf diesen Vorgang gewertet werden kann. Die gespeicherte Wärme des Ozeans führt dazu, dass eine Erwärmung in tiefere Schichten nur verlangsamt erfolgen kann (vgl. KASANG 2010,

S.3). Dieser Ablauf beinhaltet eine enorme zeitliche Verzögerung „bei der Weitergabe der Ausdehnung“ (KASANG 2010, S.3). Aufgrund dieses Phänomens „fanden 60% der Erwärmung des Ozeans an der 2.Hälfte des 20.Jahrhunderts [...] daher in den oberen 700 m statt“ (KASANG 2010, S.3). Das hinter diesem Phänomen stehende Prinzip kann auf eine einfache physikalische Gesetzmäßigkeit gebracht werden. Grundsätzlich ist es so, dass sich das Wasservolumen ab einer Temperatur von 4° Grad Celsius ausdehnt, während die Wasserdichte abnimmt. Bei Temperaturen unter 4° Grad Celsius wird im Ozeanwasser aufgrund des hohen Salsgehalts der Vorgang umgekehrt. Das bedeutet konkret, dass sich das Volumen verkleinert, wohingegen eine Zunahme der Dichte zu verzeichnen ist.

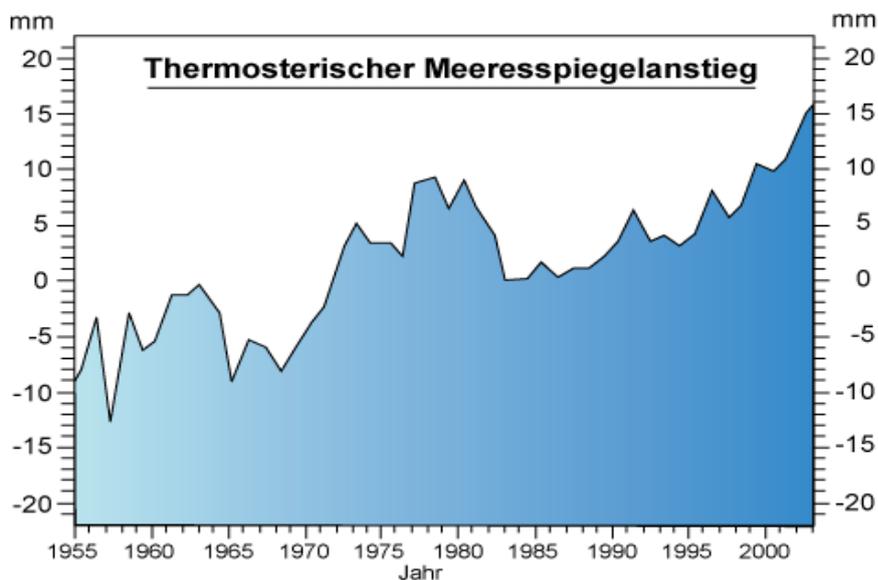


Abb. 2:
Thermosterischer
Meeresspieelanstieg

Quelle: Kasang 2010, S.3

Durch Pegelmessungen wurde für den Zeitraum 1955-2003 ein thermosterischer Meeresspiegelanstieg von 0,4 cm pro Jahrzehnt in der Meerestiefe von bis zu 3000 m ermittelt. Doch mit Hilfe von Satellitenmessungen wurde für den Zeitraum von 1993-2003 pro Jahrzehnt ein Anstieg von 1,5 cm festgestellt. Dies verweist auf einen Trend, der einen dreimal größeren Meeresspiegelanstieg im Vergleich zur gesamten Periode deutlich macht. Regional betrachtet bedeutet das, dass der Atlantische Ozean für die gesamte Periode mit einem Anteil von 52% am Meeresspiegelanstieg beteiligt war. Der Pazifische Ozean hingegen hat von 1993 bis 2003 aufgrund von stärkeren Erwärmungen im westlichen tropischen Pazifik und zwischen Australien und Neuseeland den größten

Anteil an dem Meeresspiegelanstieg (vgl. KASANG 2010, S.3). Der Anstieg des Meeresspiegels ist stark regional abhängig und muss deshalb differenziert betrachtet werden. „So ist in einigen Regionen ein geringfügig höherer Anstieg zu erwarten, als in anderen, da sich die Erwärmung in der Wassersäule unterschiedlich vollzieht“ (BUTZENGEIGER und HORSTMANN 2004, S.3). Die Hauptursache hierfür sind vermutlich Veränderungen in der ozeanischen Zirkulation sein (KASANG 2010, S.3).

3.1 Der Meeresspiegelanstieg als Bedrohung für das Raumbeispiel Bangladesch

Die Folgen eines sich verändernden Klimas sind kaum übersehbar. Wetterextreme, wie Hitzesommer, schneefreie Winter und Überschwemmungen, sind die Indizien dafür. Abgesehen von diesen Veränderungen ist der Meeresspiegelanstieg ein weiterer deutlich ernst zunehmender Faktor. Denn der Anstieg des Meeresspiegels hat vor allem große Auswirkungen auf die Lebensräume der Menschen in den Entwicklungsländern sowie auf ihre riesigen Agrarflächen entlang der Küsten. Hierbei hängt die regionale Auswirkung nicht nur von den naturräumlichen Gegebenheiten ab, sondern auch von der wirtschaftlichen sowie sozialen Situation und dadurch bedingte Möglichkeiten, auf neue und plötzlich auftauchende Schwierigkeiten reagieren zu können. Da Entwicklungsländer diese Möglichkeiten nicht aufweisen, sind diese, obwohl sie kaum zum anthropogenen Klimawandel beitragen, am stärksten von dessen Folgen betroffen (BUTZENGEIGER, HORSTMANN 2004). Der Konflikt zwischen Industriestaaten und Entwicklungsländern im Rahmen der internationalen Klimapolitik wird am Beispiel von Bangladesch deutlich (vgl. HORN 1997, S.25). Das relativ kleine Bangladesch liegt im Norden des Golfes von Bengalen und ist mit 1023 Einwohnern pro km² eins der dichtbesiedeltsten Länder der Welt. Das Land ist flach und liegt zu einem großen Teil nur wenige Meter über dem Meeresspiegel (siehe Abb.3). Ähnlich wie in den Niederlanden durchströmen drei Flüsse das Land: Ganges, Brahmaputra und Meghna. Kurz bevor sie das Meer erreichen, fließen sie zusammen und bilden so das weltgrößte Flussdelta. Das sogenannte „aktive“ Delta liegt in Bangladesch und ist die Ursache für die Überschwemmungen (vgl. DR. HUDSON 2003, S.76-77). Vor wenigen Jahrzehnten hatten durch Sturmflut bedingte Hochwasserereignisse einen anderen Charakter, dem sich die Menschen anpassten. Auch der Anstieg des Wasserspiegels erfolgte langsamer

als heute, sodass den Bangladeschern genug Zeit blieb, Schutz zu suchen. Das ändert sich jetzt durch den klimatisch bedingten Meeresspiegelanstieg. Jedes Jahr zur Monsunzeit zwischen Ende Mai und Anfang Oktober treten die Flüsse über die Ufer, wobei das Wasser bis zu 6 Meter über dem normalen Meeresspiegel steigen und zwei Drittel der Landoberfläche überschwemmen kann. Währenddessen wird Schlick abgelagert, wodurch die Fruchtbarkeit des Bodens erneuert wird und somit die Landwirtschaft gefördert wird (vgl. FALK 2010, S. 34-35/vgl. DR. HUDSON 2003, S.76-77). Doch als Folge des anthropogen bedingten Klimawandels kommt es immer häufiger zu Überschwemmungsereignissen, beispielsweise von Seen und über Ufer tretenden Flüssen in Bangladesch. Dies ist auf die klimatisch bedingte Zunahme der tropischen Wirbelstürme im Golf von Bengalen und auf den klimatisch bedingten Meeresspiegelanstieg zurückzuführen. Steigt der Meeresspiegel um 1,5 m, so wären 16 Prozent Landfläche verloren (vgl. HORN 1997, S.25). Die Überschwemmungen reichen weit ins Hinterland hinein und bringen fatale ökologische sowie ökonomische Probleme mit sich (vgl. FALK 2010, S. 35).

Somit ist das Wasser Leben für die Bangladescher, da mit den Fluten Schlick aus dem Hochland angeschwemmt wird und dieses die Böden fruchtbarer macht. Aber gleichzeitig bedeutet es auch Tod, sobald Hochwasser von den Flüssen in Verbindung mit Monsunniederschlägen und tropischen Wirbelstürmen kommt (vgl. HORN 1997, S.25). Bei diesen Flutkatastrophen sind Leben, Gesundheit und Eigentum der Bevölkerung gefährdet (vgl. DR. HUDSON 2003, S.76-77). Außerdem behindert der Meeresspiegelanstieg durch einen Rückstauereffekt das Abfließen der Flüsse ins Meer, was die Überflutung im Landesinneren verstärkt (vgl. FALK 2010, S. 34). Durch die Menschen in Bangladesch nimmt die Gewalt der Überschwemmungen zudem zu. Sie roden die Mangrovenwälder ab, um Shrimpfarmen zu errichten. Mit den Shrimpfarmen will das Land die wirtschaftliche Lage verbessern. Doch die Mangrovenwälder der Sundarbans zu roden hat fatale Folgen, angesichts dessen, dass diese eine natürliche Schutzwand bieten, die die immer öfter auftretenden Flutwellen und Orkanwinde bremst und abschwächt. Ein zusätzlicher Faktor ist der Salzgehalt des Wassers, der von den Mangroven ausgeglichen wird. Ohne diesen Ausgleich würde es bei Überschwemmungen zur Versalzung der agrarisch genutzten Fläche und zu Problemen bei der Wasserversorgung kommen (vgl. FALK 2010, S. 35-38). Der Anbau von Reis, Jute, Tee, Zuckerrohr sowie Tabak und Baumwolle wäre kaum mehr möglich, wodurch Bangladesch schwerwiegende ökonomische Entwicklungsrückgänge erleiden würde. Kennzeichen, die auf diese Folgen hinweisen, sind schon in Teilen

Bangladeschs festzustellen (vgl. DR. HUDSON 2003, S.76-77). Trotz der Entwicklungshilfegelder ist die Entwicklung in Bangladesch durch Flutkatastrophen massiv behindert (vgl. HORN 1997, S.25).

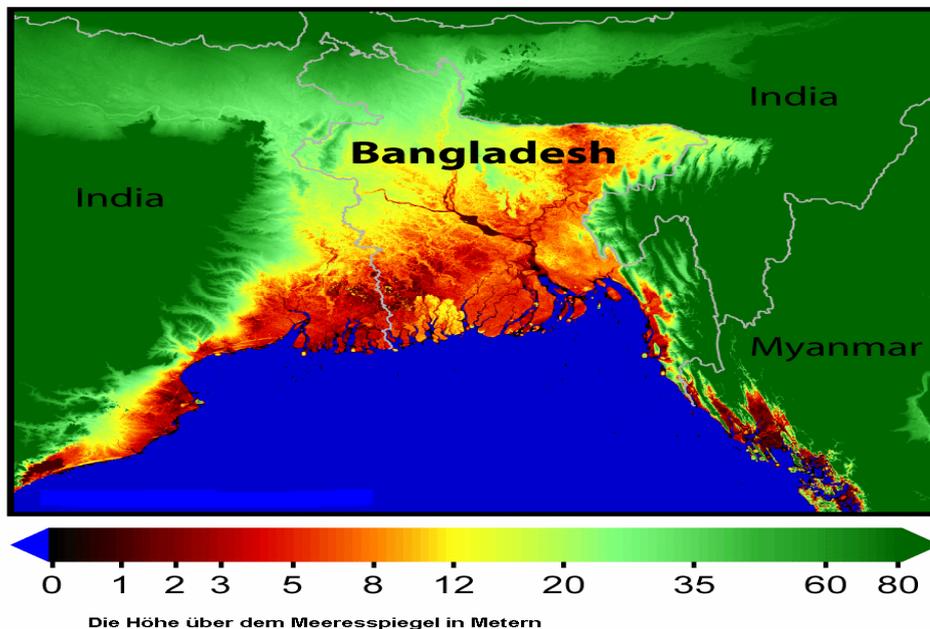


Abb. 3: Einpaar Meter über dem Meeresspiegel

Quelle:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/e/ef/Bangladesh_Sea_Level_Risks.png

3.2 Die zukünftige Lage und Folgen für Bangladesch

Die Existenz von vielen Menschen in Bangladesch ist bei einem weiteren Meeresspiegelanstieg bedroht. Durch die natürlichen tektonischen Bewegungen sinkt das Land Bangladeschs bereits ab, es kommt zu einer relativen Erhöhung des Meeresspiegels um ca. 4-8 mm pro Jahr. In 20 Jahren wären das 8-16 cm, vierfach stärker als in den Niederlanden. Wissenschaftler vermuten, dass bei der Erhöhung des allgemeinen Meeresspiegels um 45 cm eine Landfläche von 15600 km² unter den Fluten verloren gehen wird. Bei einem Meter ohne Deiche wären die Folgen fatal, da dadurch ein Fünftel von Bangladesch dauerhaft überschwemmt wäre. Dies würde mehr als 10-15 Mio. Menschen hilflos und heimatlos zurücklassen. Zudem würden die drei großen Flüsse im Deltabereich langsamer abfließen und es würde zu verstärkten Überschwemmungen im Landesinneren kommen. Für die Bevölkerung Bangladeschs bliebe weder Land zum Wohnen noch zum Landwirtschaften. Dazu kommen

zusätzliche Folgen wie Epidemien z.B. Cholera und Malaria, die aufgrund der mangelnde Hygiene und Sanitärverhältnisse verbreiten würden. Verluste in Höhen von 7 Mrd. US \$ würden Bangladesch unter Druck setzen, was zur massiven Entwicklungsbehinderung führen würde. Außerdem bringt der Meeresspiegelanstieg als Nebenwirkung die Erhöhung des Salzgehaltes im Boden mit sich. Ein Ernterückgang ist somit zu erwarten, der die ohnehin schon problematische Ernährungssituation zuspitzen würde. Ebenfalls droht der Verlust von wichtigen Ökosystemen. Die Sundarbans, riesige Mangrovegebiete entlang der Küste Bangladeschs, die eine natürliche Schutzwand gegen Stürme und Überschwemmungen darstellen und gleichzeitig Lebensraum für viele Tiere und Menschen sind, sind sehr betroffen (vgl. BUTZENGEIGER, HORSTMANN 2004). Werden keine rechtzeitigen Schutzvorkehrungen getroffen und dem Land geholfen, wird es das heutige Bangladesch in Zukunft nicht mehr geben.

3.3 Gegenmaßnahmen in Bangladesch

Die Gegenmaßnahmen in Bangladesch sind begrenzt. Aufgrund der extremen Besiedlungsdichte ist es unmöglich, die Menschen von gefährdeten Küstenregionen in höher gelegene Landstriche umzusiedeln. Somit würden Bangladescher illegal ins benachbarte Indien auswandern, mit der Hoffnung auf ein besseres und sicheres Leben. Häuser werden oft auf Erdwällen gebaut, und es werden Erddeiche errichtet, um einen Mindestschutz vor Hochwasser zu erzielen. Jedoch sind diese Erdwälle und Erddeiche erosionsgefährdet und unbeständig, was sie unbrauchbar macht (BUTZENGEIGER, HORSTMANN 2004). Die Anlage von Deichen und Dämmen ist eine große Herausforderung, weil die Gewässer ständig ihre Verläufe verändern. Zudem beträgt die Küstenlänge 580 km und ist in sehr viele Flussmündungen unterbrochen. Eine vollständige Eindeichung, wie in den Niederlanden ist unter diesen Bedingungen unmöglich (vgl. FALK 2010, S. 35-38). Auch wenn dieses Vorhaben in Planung wäre, wäre es aufgrund der mangelnden finanziellen und technischen Möglichkeiten unmöglich. Doch auch wenn es möglich sein würde moderne Deiche zu bauen, gäbe es Probleme, denn bei einer Erhöhung des Meeresspiegels um einen Meter ist mit Flutwellen bis zu 9 Metern zu rechnen. Daher müssten sehr hohe Deiche errichtet werden, um einen angemessenen Schutz bieten zu können. Bangladesch ist ein armes Land, was der Hauptgrund für seine zurückgebliebene Schutzmaßnahmenentwicklung

ist. Wäre ein Deichbau finanzierbar und technisch möglich, würden dadurch kostbare und für die Bevölkerung lebenswichtige Landflächen zerstört werden. Da Bangladesch von bitterer Armut geprägt ist und die Fläche braucht, um Landwirtschaft betreiben zu können, werden Menschen dagegen protestieren. Dies war auch 1989 der Fall, als ein Weltprojekt den Bau von 8000 km langen Flussdeichen zu 10 Mrd. US \$ plante, aber nicht umgesetzt werden konnte. Trotz allem ist es an gefährdeten Küstenregionen gelungen auf 5 Meter hohe Betonpfähle Schutzhütten (siehe Abb.4) zu bauen. Außerdem wurden Frühwarnsysteme mit Hilfe von Hilfsorganisationen entwickelt, die noch mehr Sicherheit bieten sollen. Das Abholzen von Mangroven müsste dringend eingestellt werden. Jedoch kann der Verlust von Ernten, Häusern und weiteren Besitztümern nicht verhindert werden (BUTZENGEIGER, HORSTMANN 2004). Es gibt somit nur wenige Lösungsmöglichkeiten, die aber nicht ganz die Folgen des Meeresspiegelanstiegs verhindern können.

3.4 Vergleichende Analyse zwischen den Niederlanden und Bangladesch

Die Niederlande sind wie Bangladesch von dem Meeresspiegelanstieg stark betroffen, da beide an einem Delta liegen und tief gelegene Küstenregionen besitzen. Heute liegt ca. ein Viertel der Landfläche der Niederlande unterhalb des Meeresspiegels. Dieser Teil wäre somit ohne Deiche dauerhaft überschwemmt und 60% der gesamten Landfläche mit 10 Mio. Menschen wären in Gefahr. Durch die Gegenmaßnahmen wurde das bis zu 1% der Landfläche reduziert. Die Niederlande haben keinen natürlichen Schutz, wie die Mangroven dies für Bangladesch darstellen, weshalb sie einen künstlichen Schutz errichtet haben. Der Meeresspiegel in den Niederlanden stieg in den letzten 100 Jahren um ca. 20 cm. Nach heutigen Studien erwarten Wissenschaftler in den nächsten 100 Jahren einen Anstieg um ca. 20-110 cm (Ø 60 cm). Es werden zukünftig stärkere Deiche und andere Gegenmaßnahmen benötigt. Im Gegensatz zu Bangladesch haben die Niederlande die Problematik des Meeresspiegelanstiegs früh erkannt und sich mit ihm auseinandergesetzt. Seit Jahrhunderten kämpft das Land schon gegen das gewaltige Meer an, um die vorhandenen Landflächen zu schützen und gleichzeitig neue Landflächen zu gewinnen.

Die ersten Küstendeiche wurden schon vor Christi Geburt gebaut und Landgewinnungsprojekte wie z.B. Trockenlegung von Seen, wurden durchgeführt. Seither sind die Gegenmaßnahmen für Überflutungen ständig unter Entwicklung. Beispielsweise wurden durch den Abschlussdeich an der Zuidersee 2,5% Landfläche gewonnen. Hingegen liegt Bangladesch sehr weit zurück in der Entwicklung von Deichen, Dämmen und anderen Vorkehrungen. Aber nicht jedes Projekt verspricht Erfolg. Nach einer Überflutungskatastrophe, die mehr als 2000 Menschenleben nahm, wurden die Umsetzungen von Deichprojekten beschleunigt und es wurde mehr Geld investiert. Das Wasserwirtschaftsministerium sorgt dafür, dass das Niveau der Deiche erhöht wird und diese auch in ferner Zukunft das Land vor Fluten schützen können.

Nicht nur an Küstenregionen ist der Deichbau wichtig, sondern auch im Landesinneren. Die Flüsse Rhein, Maas und Waal treten bei starken Niederschlägen über das Ufer. Um dies zu verhindern, wurden Deiche entlang der Flüsse errichtet, die die angrenzenden Landflächen schützen. Außer diesen Vorkehrungen wurde eine Hightech Brücke konstruiert, die auch bei Hochwassergefahr in einen Deich umfunktioniert werden konnte. Hierbei wird deutlich, dass die Entwicklung in den Niederlanden ziemlich fortgeschritten ist. Zudem wird das Wetter in den Niederlanden ständig per Satellitentechnologie bewacht, um rechtzeitig warnen zu können. Ohne diese Schutzmaßnahmen drohen Verunreinigungen des Grundwassers, was der Landwirtschaft und der Trinkwasserversorgung erheblichen Schaden zufügen kann.

Bedenkt man die Situation in Bangladesch, die durch Monsune und Stürme wesentlich schlimmer ist, so wird deutlich, dass bei einem Meeresspiegelanstieg die Schutzmöglichkeiten in Bangladesch weitaus besser sein müssten als in den Niederlanden. Das Thema Meeresspiegelanstieg wird in den Niederlanden kaum in den Medien diskutiert. Es sei ein hohes Schutzgefühl vorhanden und selbstverständlich, während die Menschen in Bangladesch unaufgeklärt sind. Niederländische Forschungsinstitute sind schon jetzt dabei Ansätze zu entwickeln, um in Zukunft für alle Arten von Überflutungen gewappnet zu sein, denn im Gegensatz zu Bangladesch sind die erforderlichen technischen und finanziellen Kapazitäten vorhanden (vgl. BUTZENGEIGER, HORSTMANN 2004).

3.5 Klimakarten

Abb. 4: Meeresoberflächentemperatur bis 2100

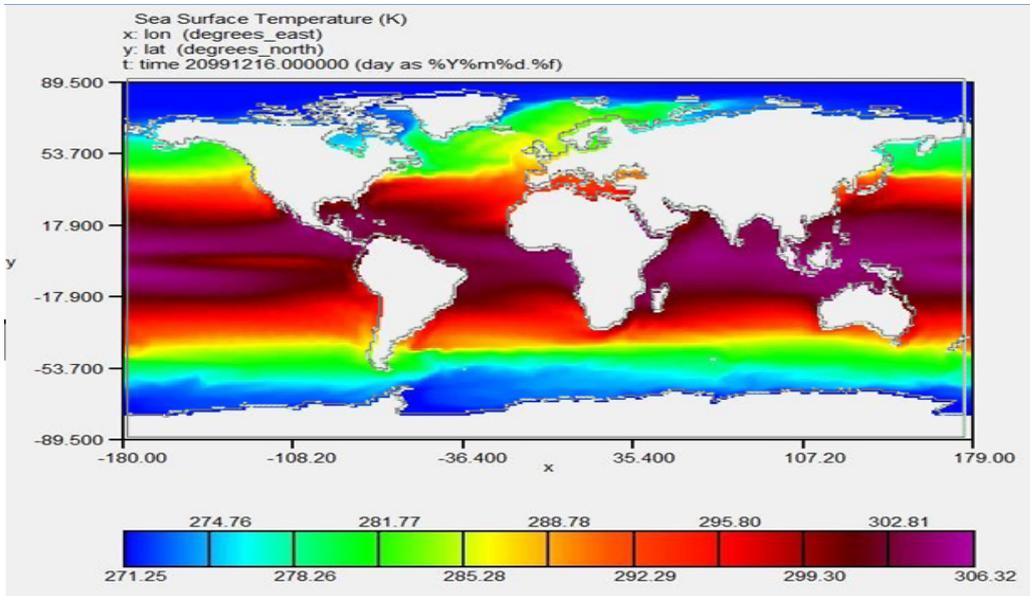
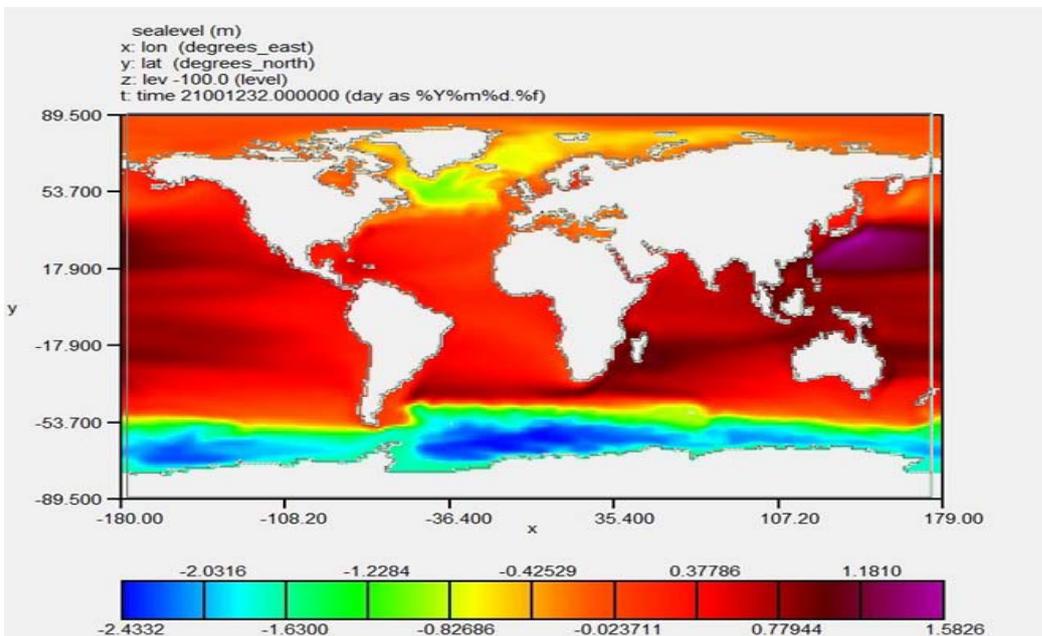


Abb. 5: Meeresspiegelanstieg bis 2100



Beschreibung der beiden Klimakarten:

Die zwei erstellten Klimakarten geben einen Ausblick über die vorherrschende Meerestemperatur sowie über den Meeresspiegelanstieg im Jahre 2100.

Man kann erkennen, dass die Ozeantemperatur in Bangladesch ($32,5^{\circ}\text{C}$) viel höher ist als in den Niederlanden ($17,5^{\circ}\text{C}$). Die Klimakarte über den Meeresspiegelanstieg bis zum Jahre 2100 zeigt ebenfalls einen deutlichen Unterschied. In Bangladesch steigt der Meeresspiegel um 0,75 m an, in den Niederlanden nur um ca. 0,3 m. Zudem erkennt man anhand der Karten, dass hauptsächlich Entwicklungsländer vom Meeresspiegelanstieg betroffen sind. Somit kann man darauf schließen, dass in hundert Jahren auch der Anstieg des Wassers in Bangladesch höher sein wird als in den Niederlanden.

4. Fazit

Die Seminararbeit verschafft eine explizite Vertiefung zum Thema Klimawandel in Bezug auf den Meeresspiegelanstieg. Viele Messungen und Daten unterstützen die Vermutung, dass der Klimawandel ein großer Einflussfaktor für den Meeresspiegelanstieg ist. Vor allem spielen dabei globale Temperaturunterschiede eine große Rolle. Der anthropogene Klimawandel setzt eine Erderwärmung in Gang, die einen enormen Einfluss auf die dynamischen Prozesse der Eisschilde hat. Denn diese bereits geschilderten Prozesse beeinflussen wiederum den Meeresspiegelanstieg. Obwohl Entwicklungsländer kaum zum Klimawandel beitragen, sind sie jedoch am stärksten von den Folgen betroffen. Außerdem reichen Überschwemmungen weit ins Hinterland hinein und bringen fatale ökologische sowie ökonomische Probleme mit sich. Trotz der Entwicklungshilfegelder sind Flutkatastrophen eine Behinderung für die gesamte Entwicklung in Bangladesch. Der Meeresspiegelanstieg ist regional bedingt und Gegenmaßnahmen zum Schutz vor Überschwemmungen sind für die meist betroffenen Gebieten sehr begrenzt. Doch immer mehr betroffene Gebiete investieren in die Entwicklung zum Schutz vor dem Meeresspiegelanstieg, um zukünftig besser vorbereitet zu sein. Eine Überlegung wäre, dass die vom Meeresspiegelanstieg betroffenen Staaten kooperieren würden, um globale Schutzmaßnahmen gegen den Anstieg einzuführen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die ausführlichen Beschreibungen und Erklärungen zum Thema dieser Facharbeit einen Überblick über die elementaren Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten, durch die sich der Klimawandel manifestiert, gegeben haben. Die zentrale und damit verbundene Problematik wurde explizit herausgestellt und anhand von Grafiken und Klimakarten visualisiert.

5. Literaturverzeichnis

Bücher

- Hudson, R. (Hrsg.) (2003): Der Grosse Weltatlas. Asien und der nahe Osten – Bangladesch. (= o. Verlag)
- Leser, Hartmut (2010): Wörterbuch Allgemeine Geographie: 14. Auflage. (=Diercke)
- Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H. J. (2006): Der Klimawandel – Diagnose, Prognose, Therapie: 6. Auflage (=C.H. Beck)

Artikel Praxis Geographie

- Falk, G.C. (09/1997): Bangladeschs Küsten - Lebens- und Wirtschaftsraum unter Druck.

Internetdokumente

- Butzengeiger und Horstmann (2004): Meeresspiegelanstieg in Bangladesch und den Niederlanden, Ein Phänomen, verschiedene Konsequenzen, Germanwatch Online unter: <http://www.germanwatch.org/download/klak/fb-ms-d.pdf>
- Hamburger Bildungsserver, Dieter Kasang (2007): Der globale Meeresspiegelanstieg. Online unter: <http://bildungsserver.hamburg.de/meeresspiegelanstieg-nav/>